

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-016262

(43)Date of publication of application : 18.01.2000

(51)Int.Cl.

B60T 8/00  
B60T 8/96

(21)Application number : 11-157966

(71)Applicant : ROBERT BOSCH GMBH

(22)Date of filing : 04.06.1999

(72)Inventor : WEIBERLE REINHARD  
BLESSING PETER PROF

(30)Priority

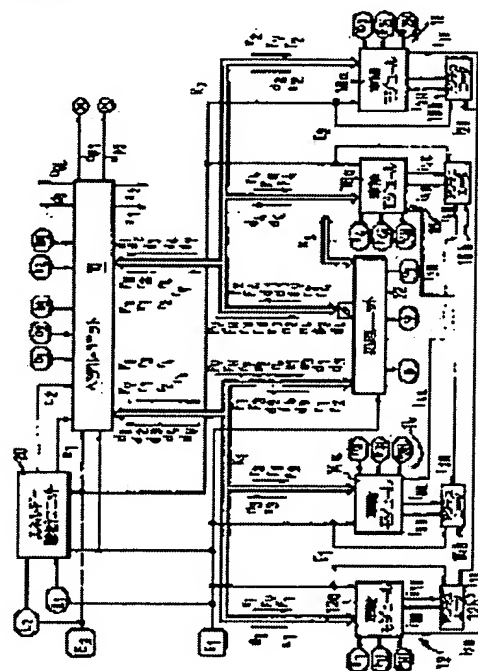
Priority number : 98 19826130 Priority date : 12.06.1998 Priority country : DE

## (54) ELECTROMECHANICAL BRAKE DEVICE FOR AUTOMOBILE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a means taking into consideration the particularity of a brake setting device including a parking brake function and an additional resetting device in an electromechanical brake device for an automobile.

SOLUTION: At least one control unit (12a, 14a, 16a, 18a) associated with at least one wheel brake controls an actuator controlling the wheel brake (12b, 14b, 16b, 18b) according to a set value. The actuator has an electric motor (M1H) and a lock device, particularly a release device (Ku1). In order to control the wheel brake via the electric motor, the lock device is first released, and after the operation of the wheel brake is finished, the lock device is reconnected. Energy is supplied from another energy source to the other control units for the other wheel brakes. The energy source operates an additional resetting device (M1R) in the actuator in the event of the failure of the brake device.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-16262

(P2000-16262A)

(43) 公開日 平成12年1月18日 (2000. 1. 18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

B 6 0 T 8/00

B 6 0 T 8/00

Z

8/96

8/96

B

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-157966

(22) 出願日 平成11年6月4日 (1999. 6. 4)

(31) 優先権主張番号 1 9 8 2 6 1 3 0. 6

(32) 優先日 平成10年6月12日 (1998. 6. 12)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 591245473

ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミ

ト・ベシュレンクテル・ハフツング

ROBERT BOSCH GMBH

ドイツ連邦共和国デー70442 シュトゥ

ットガルト, ヴェルナー・シュトラッセ

1

(72) 発明者 ラインハルト・ヴァイベルレ

ドイツ連邦共和国 71665 ヴァイヒンゲ

ン/エンツ, カルゲッカーシュトラッセ

10

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外4名)

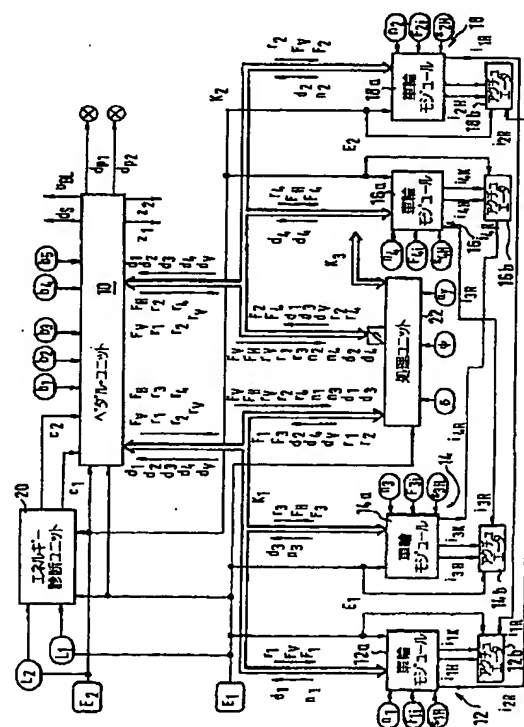
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動車用電気機械式ブレーキ装置

(57) 【要約】

【課題】 自動車用電気機械式ブレーキ装置において、駐車ブレーキ機能、追加のリセット装置を含むブレーキ設定装置の特殊性を考慮した手段を提供する。

【解決手段】 少なくとも1つの車輪ブレーキに関連する少なくとも1つの制御ユニット (12 a, 14 a, 16 a, 18 a) は、設定値に基づいて車輪ブレーキ (12 b, 14 b, 16 b, 18 b) を操作するアクチュエータを制御する。アクチュエータは電動機 (M<sub>III</sub>) とロック装置とくにリリース装置 (K<sub>III</sub>) とを有する。電動機を介して車輪ブレーキを操作するためにまずロック装置が解除され、車輪ブレーキ操作の終了後にロック装置が再接続される。他の車輪ブレーキのための他の制御ユニットに他のエネルギー源からエネルギーが供給される。このエネルギー源はブレーキ装置の故障でアクチュエータ内の追加リセット装置 (M<sub>IR</sub>) を操作する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの車輪ブレーキに関連し、設定値に基づいて車輪ブレーキ（12b, 14b, 16b, 18b）を操作するためのアクチュエータを制御する少なくとも1つの制御ユニット（12a, 14a, 16a, 18a）を備えた自動車用電気機械式ブレーキ装置において、

前記アクチュエータが、電動機（M<sub>II</sub>）と、ロック装置、とくにリリース装置（K<sub>II</sub>）とを含み、前記電動機を介して車輪ブレーキを操作するためにまず前記ロック装置が解除され、車輪ブレーキの操作終了後に前記ロック装置が再接続されることを特徴とする自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項2】 少なくとも2つの車輪ブレーキに関連し、かつ種々のエネルギー供給源からエネルギーが供給され、設定値に基づいて車輪ブレーキ（12b, 14b, 16b, 18b）を操作するためのアクチュエータを制御する、少なくとも2つの制御ユニット（12a, 14a, 16a, 18a）を備えた自動車用電気機械式ブレーキ装置において、

前記アクチュエータが追加のリセット装置（M<sub>IR</sub>）を有し、リセット装置（M<sub>IR</sub>）が、1つの車輪ブレーキが故障した場合に、他の車輪ブレーキの前記制御ユニットにより操作されることを特徴とする自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項3】 前記制御ユニットの各々がブレーキ力またはブレーキ・トルクの制御を行ない、条件として、設定値と実際値との間の偏差が所定の制限値を超えたときに、または前記偏差の変化が制限値を超えたときに、制御係合が行われて、まず前記ロック装置が解除され、次に前記電動機が偏差に基づいて操作されることを特徴とする請求項1または2の自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項4】 前記2つの条件が満たされていないとき、前記ロック装置の操作が終了され、かつ前記電動機が電流の流れない状態に切り換えられることを特徴とする請求項3の自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項5】 前記制御ユニットがエラーを検査するマイクロコンピュータ装置を含み、エラーのない運転においてのみ、前記電動機および前記ロック装置の操作が可能であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかの自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項6】 前記車輪ブレーキの解放を阻止するエラーの場合、制御が遮断されかつ解放が追加のリセット装置を介して行われることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかの自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項7】 前記車輪ブレーキの解放を阻止するエラーが、測定ブレーキ・トルクまたは測定ブレーキ力に基づいて決定されることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかの自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項8】 前記エラーの情報が他のユニットにおいて評価され、前記他のユニットが、エラーを有するアクチュエータの前記制御ユニットと結合されているのみでなくリセット装置のための制御ユニットとも結合され、かつリセット装置のための制御ユニットに操作命令を送送することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかの自動車用電気機械式ブレーキ装置。

【請求項9】 前記電動機および前記リセット装置に、種々のエネルギー供給源からエネルギーが供給されることを特徴とする請求項8の自動車用電気機械式ブレーキ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車用分散型電気式ブレーキ装置に関し、特にその分散型構成により確実性および利用性に関する高い技術的要求に対応できる自動車用分散型電気式ブレーキ装置（電気ブレーキ）に関する。

## 【0002】

【従来の技術】このようなブレーキ装置は、たとえばドイツ特許公開第19634567号から既知である。そこに記載のブレーキ装置は分散型構成を有し、この分散型構成において、ドライバの希望の関数であるガイド値を形成するためのペダル・ユニット、追加機能を考慮するための処理ユニット、ならびに車輪ブレーキの設定要素の（開ループないし閉ループ）制御のための車輪対ユニットが、1つまたは複数の通信装置を介して結合されている。さらに、少なくとも2つの搭載電源からブレーキ装置にエネルギーが供給される。これにより、ブレーキ装置の十分な確実性および利用性が保証される。制御においておよび/または装置の確実性および利用性に関連して、ブレーキ設定装置の詳細説明およびこの設定装置の特殊性の考慮に関する詳細説明は、従来の文献には記載されていない。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】したがって、自動車用電気式ブレーキ装置のために、制御においておよび/または装置の確実性および利用性に関連して、駐車ブレーキ機能および/または追加のリセット装置を含むブレーキ設定装置の特殊性を考慮した手段を提供することが本発明の課題である。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の自動車用電気機械式ブレーキ装置は、少なくとも1つの車輪ブレーキに関連し、設定値に基づいて車輪ブレーキを操作するためのアクチュエータを制御する少なくとも1つの制御ユニットを備えている。アクチュエータは、電動機と、ロック装置、とくにリリース装置とを含み、電動機を介して車輪ブレーキを操作するためにまず前記ロック装置が解除され、車輪ブレーキの操作終了後にロック装置が再接

続される。

【0005】ブレーキ装置の操作特性は、ディスク・ブレーキまたはドラム・ブレーキのブレーキ・ライニングの調節を行うための電動機と駐車ブレーキ（たとえば電気機械式リリース装置）の協働により改善される。

【0006】この協働により、僅かなエネルギー消費でブレーキ・トルクを形成し、かつ保持可能であることはとくに有利である。この場合、形成されたブレーキ力をエネルギー消費なしに継続して保持可能であるので、リリース装置の使用は有利である。これにより、駐車ブレーキ機能を容易に形成することができる。

【0007】追加のリセット装置により、エネルギー供給装置（バッテリー）が故障した場合においてもブレーキの解放を行うことが可能であり、このブレーキの解放は他の供給装置により供給される制御ユニットから操作される。

【0008】

【発明の実施の形態】自動車のブレーキ装置の常用ブレーキ機能および駐車ブレーキ機能の（開ループないし閉ループ）制御を説明する。ブレーキ装置の分散型分割および装置内に設けられた冗長性により、静的および動的エラーが発生した場合に、ブレーキの機能性が十分に確保されかつブレーキ装置の操作の確実性が保証される。さらに、点検の目的のために、エラー状態が記憶され、かつ場合により信号で出力される。この場合、説明および図面に記載の構成要素および信号に付けられた符号が、[符号の説明]の欄にまとめられている。

【0009】図1は、電気機械式ブレーキ装置の構成に対する第1の実施態様、および入出力されるそれぞれの信号を示している。この装置は分散型構成を特徴とし、この分散型構成は、ペダル・ユニット10、4つの車輪ユニット12、14、16および18、エネルギー診断ユニット20、および処理ユニット22から構成されている。

【0010】電気機械式ブレーキ装置のペダル・ユニット10は、主として、ドライバのブレーキ希望の検出、全体装置状態の解析、およびエラーの場合のリセット方式の導入を行う。

【0011】各車輪ユニット12、14、16、18は、車輪モジュール12a、14a、16a、18a、車輪センサ装置（たとえば $n_1$ 、 $F_{11}$ 、 $s_{11}$ 等参照）、およびアクチュエータ12b、14b、16b、18bから構成されている。車輪モジュール12a、14a、16a、18aは、それぞれマイクロコンピュータ装置、モニタ要素、およびアクチュエータを操作するためのパワー・エレクトロニクスを含む。

【0012】電気装置の電気エネルギー供給は、両方独立の搭載電源（エネルギー源） $E_1$ および $E_2$ を介して行われる。それぞれ2つずつの車輪ユニットに同じエネルギー源からエネルギーが供給される。図1に示す装置構

成においては、対角分割に構成され、すなわち左前車輪および右後車輪に対する車輪ユニット12、14には共通のエネルギー源 $E_1$ からエネルギーが供給される。同じことが右前車輪および左後車輪に対する車輪ユニット16、18に対しても適用され、これらの車輪ユニットにはエネルギー源 $E_2$ からエネルギーが供給される。1つの車軸に対する両方の車輪ユニットがそれぞれ1つのエネルギー源に関連される変更態様もまた同様に可能である。この変更態様は以下では説明されていない。以下に記載の方法がこの分割構成に使用されても同様な有利性が得られる。車輪ユニットは、それぞれの車輪ブレーキの付近に配置され、一方、ペダル・ユニットおよび処理ユニットは、共にまたは別々に中央位置に装着されている。

【0013】ブレーキ装置における個々の構成要素間のデータ交換は、2つの独立した通信装置 $K_1$ および $K_2$ により行われ、通信装置 $K_1$ および $K_2$ は、とくに直列バス系統、たとえばCANとして形成されていることが好ましい。通信装置 $K_1$ および $K_2$ には異なる搭載電源からエネルギーが供給される。さらに、通信装置 $K_3$ により機関制御のための制御ユニットと結合が形成されている。

【0014】各車輪モジュールにおいて、希望の締付力または希望のブレーキ・トルクに制御するために、関連のアクチュエータの操作が行われる。このために、各アクチュエータにおいて、車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクのいずれかがセンサ装置により測定される。電気機械式アクチュエータは、油圧中間段なしに伝動段を介してディスク・ブレーキないしドラム・ブレーキの締付ストロークを形成する。このために、車輪ユニットは、個々の車輪の締付力ないし個々の車輪のブレーキ・トルクを制御する。必要なガイド値は関連のバス系統を介して与えられる。

【0015】好ましい実施態様においては、車輪ユニットのアクチュエータ12b、14b、16b、18bはさらに、電磁操作式のリリース装置（ $i_{1K}$ 、 $i_{2K}$ 、 $i_{3K}$ 、 $i_{4K}$ により操作）を含み、一方、リリース装置は、駐車ブレーキ機能を行い、さらに定常ブレーキ過程においてエネルギー消費なしにブレーキ装置をその時点の位置に固定する。各車輪のアクチュエータ12b、14b、16b、18bにおいて、さらにリセット装置（ $i_{1R}$ 、 $i_{2R}$ 、 $i_{3R}$ 、 $i_{4R}$ により操作）が組み込まれ、リセット装置は、車輪のブレーキ解放を阻止するすべてのエラー・タイプにおいて該当する車輪を解放する。エネルギー診断ユニット20が故障した場合においてもこのエラー・タイプを検出可能にするために、同じ車軸の隣接する車輪ユニットにより（たとえば12bに対して18aから）リセット装置の操作が行われる。ここに記載のエネルギー回路の対角分割の構成において、1つの車軸の両方の車輪ユニットには常に異なるエネルギー源からエネルギーが供給される。これにより、任意の各状

態において1つのエネルギー源が故障した場合、少なくとも当該アクチュエータの解放をリセット装置により達成させることができる。

【0016】エネルギー診断ユニット20は、エネルギー供給ユニットの充電状態を測定し、かつこの情報 $c_1$ 、 $c_2$ をペダル・ユニット10に伝送する。電気機械式ブレーキ装置の装置構成要素の機能および構成を以下に図2ないし図5により詳細に説明する。

【0017】図2は、ペダル・ユニット10の原理的構成を示す。この装置構成要素の課題は、とくに常用ブレーキ作動および駐車ブレーキ作動に関するドライバのブレーキ希望の検出、および前車軸および後車軸の車輪に対するそのために必要なガイド値の形成であり、電気機械式ブレーキ装置のあらゆる装置構成要素の状態情報の検出および評価であり、その時点のブレーキ装置の全体状態の解析であり、場合によりリセット手段の導入であり、およびエラー状態のドライバへの信号出力ないしエラー・メモリ内への記憶であり、点火を投入した後ないし点火を遮断中にブレーキを操作したときのブレーキ装置のあらゆる構成要素の初期化であり、走行終了後のブレーキ装置の遮断であり、およびストップ・ランプの操作である。

【0018】常用ブレーキ作動に対するドライバの希望の検出は、独立のセンサ $b_1$ 、 $b_2$ および $b_3$ により行われ、これらのセンサは、好ましくは種々の形態においてブレーキ・ペダルにおけるアナログ式のドライバの希望（ブレーキ・ペダル角度および／または操作力）を検出する。センサには異なるエネルギー源 $E_1$ ないし $E_2$ からエネルギーが供給され、たとえばセンサ $b_1$ および $b_2$ には、エネルギー源 $E_1$ から、およびセンサ $b_2$ および $b_3$ にはエネルギー源 $E_2$ からエネルギーが供給される。駐車ブレーキ操作のドライバの希望は、センサ $b_4$ および $b_5$ により検出され（同様にたとえば駐車ブレーキ・レバーの操作角度の検出により）、これらのセンサには異なるエネルギー源からエネルギーが供給される。常用ブレーキ希望ならびに駐車ブレーキ希望を検出するためのアナログセンサは、それぞれ2進伝送器により置き換えてもよい。

【0019】ペダル・ユニット10それ自体は、エラーを許容する形で、たとえば冗長なマイクロコンピュータ装置を含む実施態様により構成され、この冗長なマイクロコンピュータ装置は、さらに必要な周辺要素、メモリ要素およびウオッチドッグ要素を含むマイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ 、およびモニタ要素 $P_3$ から構成されている。マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ 、ならびにモニタ要素 $P_3$ は、内部通信チャネルCを介して連絡し合い、内部通信チャネルCは、たとえば直列バス系統により、または直列インタフェースを用いて形成されている。マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ 内で独立のプログラムPr1およびPr2が実行される。コンピュータ・プ

ログラムPr1により、入力インタフェース $U_1$ を介して、センサ信号 $b_1$ ないし $b_5$ が、入力され、記憶され、かつ通信チャネルCを介してマイクロコンピュータ $P_2$ に供給される。同様に、コンピュータ・プログラムPr2により、入力インタフェース $U_2$ を介して、センサ信号 $b_1$ ないし $b_5$ が、入力され、記憶され、かつマイクロコンピュータ $P_1$ に伝送される。したがって、両方のコンピュータ内に、常用ブレーキ操作に対するドライバの希望の6個の測定値、および駐車ブレーキ操作に対してドライバの希望の4個の測定値が利用可能である。

【0020】マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ のそれぞれにおいて、常用ブレーキ作動に対する測定値から最大値を選択することにより、常用ブレーキ希望に対する代表信号値 $b_{B, rep}$ がそれぞれ決定される。これは個々のエラーがある場合にそれを考慮して行われ、すなわち他の測定値から所定の値以上離れている個々の測定値は、基準値の形成に考慮されない。マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ において計算された基準値には、符号 $b_{B, rep, 1}$ ないし $b_{B, rep, 2}$ が付けられる。基準値 $b_{B, rep, 1}$ が所定の限界値を超えた場合、信号 $u_{BL}$ によりストップ・ランプの操作が行われる。

【0021】同様に、両方のマイクロコンピュータにおいて、駐車ブレーキ作動に対するドライバの希望の測定値から代表信号値が計算される。マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ 内で決定された代表信号値には、 $b_{F, rep, 1}$ ないし $b_{F, rep, 2}$ が付けられる。これらの代表信号値は、乗用車の停止時（たとえば1つまたは複数の車輪速度信号の評価により決定される）においては測定センサ信号 $b_4$ および $b_5$ の最大値であり、乗用車の運転中、すなわち停止していないときにおいてはこれらの両方のセンサ信号の最小値である。

【0022】両方のマイクロコンピュータにおいてそれぞれ記憶ペダル特性により、基準値 $b_{B, rep1}$ および $b_{B, rep2}$ から常用ブレーキ作動時の車輪の希望平均締付力ないし希望平均ブレーキ・トルクに対するガイド値が計算される。このガイド値には、マイクロコンピュータ $P_1$ においては符号 $F_{B, rep, 1}$ が付けられ、およびマイクロコンピュータ $P_2$ においては符号 $F_{B, rep, 2}$ が付けられている。

【0023】同様に、マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ においてそれぞれ予め記憶されている特性曲線を利用して、センサ信号 $b_{F, rep, 1}$ および $b_{F, rep, 2}$ から駐車ブレーキ作動時の車輪の平均締付力ないし平均ブレーキ・トルクに対するドライバの希望が計算される。このガイド値にはマイクロコンピュータ $P_1$ においては符号 $F_{F, res, 1}$ が付けられ、マイクロコンピュータ $P_2$ においては符号 $F_{F, res, 2}$ が付けられている。

【0024】マイクロコンピュータにおいて計算された常用ブレーキ希望および駐車ブレーキ希望に対するガイド値は、それぞれ他のマイクロコンピュータに

内部通信チャンネルCを介して供給される。両方のマイクロコンピュータにおいて、値 $F_{B, res, 1}$ が値 $F_{B, res, 2}$ と比較され、また値 $F_{F, res, 1}$ が値 $F_{F, res, 2}$ と比較される。比較値がそれぞれ所定の公差限界内で一致した場合、値 $F_{B, res, 1}$ および $F_{B, res, 2}$ から算術平均により常用ブレーキ希望に対する合成値 $F_{B, res}$ が形成され、値 $F_{F, res, 1}$ および $F_{F, res, 2}$ の算術平均により駐車ブレーキ希望に対する合成値 $F_{F, res}$ が形成される。

【0025】比較値が一致しなかった場合、以下に記載のコンピュータ・モニタリングに基づいて、エラーのない信号値がモニタ要素 $P_3$ により常用ブレーキ希望ならびに駐車ブレーキ希望に対して一義的に検出される。両方のマイクロコンピュータにおいて、エラーのない信号値には値 $F_{B, res}$ ないし $F_{F, res}$ が割り当てられる。

【0026】信号 $F_{B, res}$ および $F_{F, res}$ から、関係式 $F_{res} = \text{Maximum}(F_{B, res}, F_{F, res})$ により車輪の合成平均締付力 $F_{res}$ が形成される。この値 $F_{res}$ は、代替態様においては、常用ブレーキないし駐車ブレーキの操作により要求される車輪の合成平均ブレーキ・トルクに対応してもよい。値 $F_{res}$ から、適切な配分により、前車軸の車輪に対する希望の締付力ないしブレーキ・トルク $F_v$ 、ないし後車軸の車輪に対する希望の締付力ないしブレーキ・トルク $F_H$ が計算される。

【0027】ペダル・ユニット10は、通信装置 $K_1$ および $K_2$ を介して、締付力ないしブレーキ・トルクに対する目標値 $F_v$ および $F_H$ を、電気機械式ブレーキ装置の接続構成要素に伝送する。

【0028】種々の測定および計算により、意図しないブレーキ作動、または車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクに対する誤ったガイド値を導くことがあるエラーが検出される。同様な誤作動を導くことがある誤った記憶内容もまた検出される。モニタ要素 $P_3$ は、内部バスシステムCを介して、マイクロコンピュータ $P_1$ ないし $P_2$ と通信する。モニタ要素 $P_3$ は、プログラム $P_{r1}$ および $P_{r2}$ のプログラム実行のモニタリング、さらに $P_1$ および $P_2$ の計算能力のモニタリングを行う。マイクロコンピュータ $P_1$ または $P_2$ 内のコンピュータ・エラーの場合に確実性を保証するために、このエラーの場合においてもなおプログラム $P_{r1}$ および $P_{r2}$ が正常に実行しなければならず、またはプログラムが正常に実行されていないことが確実に検出されなければならない。プログラムが正常に実行されていない場合、関連のコンピュータ・チャンネルが遮断されかつ信号 $d_{p1}$ ないし $d_{p2}$ によりエラー信号が出力される。図示の変更態様においては、問い合わせ・回答を通信することにより機能性のチェックが行われる。マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ は、モニタ要素から問い合わせを引き出し、かつこの問い合わせに対してそれぞれ所定の時間間隔内で確実性に関連するあらゆるプログラム部分を考慮して回答する。問い合わせは、このプログラム部分とくにコンピュータ機能テスト(R

AMテスト、ROMテスト等)および命令テスト(加算、減算等に関して)のエラーのない実行時においてのみ正しい回答が与えられるように形成すべきである。部分プログラムから形成された部分回答は、それぞれのマイクロコンピュータにおいて1つの総合回答にまとめられる。モニタ要素において、マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ からそれぞれ形成された総合回答が、発生の時間間隔に関しておよび問い合わせに適合する正しい回答とのビット単位精度での一致についてモニタリングされ、そしてエラー防止動作ないし信号出力およびチャンネル遮断が導かれる。モニタ要素の機能性は、マイクロコンピュータ $P_1$ および $P_2$ により、適切なテスト問い合わせを介して検査される。これらのテスト問い合わせに対しては、機能が完全に正しいときにのみモニタ要素により正しい回答が与えられる。

【0029】ペダル・ユニット10においてさらに、内部エラー情報および接続車輪ユニットのエラー信号メッセージないし処理ユニットのエラーメッセージ $d_v$ が、検出されかつエラーメモリ内に記憶される。さらにエネルギー診断ユニット20の状態信号 $c_1$ および $c_2$ の検出が行われる。この検出は、発進前のテスト過程の間のみならずすべての走行運転過程において行われる。すべてのエラー信号および状態信号はペダル・ユニット10内で所定の表により評価され、この表内にそれぞれのエラー・タイプおよびそれぞれの状態に対して実行すべき動作が記憶されている。評価の結果として、走行過程において、エラー状態の危険ポテンシャルに対応して、ブレーキ装置の種々の構成要素におけるリセット動作に対するメッセージが導かれ、このメッセージは、処理ユニット22および車輪ユニット12、14、16、18に信号 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$ および $r_v$ により伝送される。確実性に関連するエラーの場合、ドライバに対してエラー信号 $d_{p1}$ ないし $d_{p2}$ により信号が出力される。発進前のテスト過程においてエラー状態が検出された場合、同様にエラー信号が出力される。確実性に関して重大なエラーの場合、ブレーキ装置の初期化が遮断され、かつ駐車ブレーキの解放が阻止される。走行中における確実性に関する重大な運転状態の場合、さらに利用可能な駆動トルクを低減させるための機関制御との係合が行われる。

【0030】電気機械式ブレーキ装置の他の構成要素は、点火の投入後ないしブレーキ作動の場合には点火が遮断されたときにおいても、信号ライン $z_1$ ないし $z_2$ を介してペダル・ユニットにより初期化される。さらにこの信号により、走行が終了したときに装置構成要素の目的とする遮断が行われる。

【0031】サービスマンは、サービス・インタフェース $d_s$ を介してブレーキ装置へアクセスすることができ、また全体装置に対するエラー・メモリを読み取ることができる。

【0032】エネルギー診断ユニット20は、ブレーキ

過程において必要な出力ないしエネルギーのための十分な容量に関してエネルギー源（バッテリー）のモニタリングを行う。このために少なくとも、法規に記載の最小ブレーキ作用を達成するために必要なエネルギーが確保されていなければならない。モニタリングは、たとえば充電電流および消費電流を測定するための適切なセンサ $L_1$ および $L_2$ により、また数学モデルにより行われる。このモデルは、エネルギー供給ユニットの履歴、たとえば過放電の回数のような電気機械的および物理的特性を考慮する。エネルギー診断ユニット20は冗長なマイクロコンピュータ装置の形で形成されていることが好ましく、この冗長なマイクロコンピュータ装置には両方のエネルギー源からエネルギーが供給され、かつその部分装置は内部バス系統を介してデータを交換することができる。

【0033】処理ユニット22においてはブレーキ装置の上位機能が行われる。このために、とくに車輪の締付力ないしブレーキ・トルクに対する個々の車輪のガイド値 $F_{11}$ 、 $F_{21}$ 、 $F_{31}$ および $F_{41}$ の計算が行われる。この計算は、アンチロック制御の場合の全ブレーキ作動における個々の車輪の回転速度の考慮、駆動滑り制御機能の考慮、たとえばかじ取り角 $\delta_L$ 、横方向加速度 $a_y$ およびヨー角速度 $\Psi'$ のためのその他のセンサを使用した横滑り状態を回避するための走行動特性制御の実行、ブレーキ・ライニングの均等な摩耗を形成する目的で部分ブレーキ作動における個々の車輪のブレーキ・ライニング厚さの考慮、ヒルホルダ機能の形成、前車軸および後車軸の車輪への最適ブレーキ力分配を達成するための荷重状態の考慮、改善された動特性を達成するために測定かじ取り角の関数として1つの車軸のカーブ内側車輪およびカーブ外側車輪の間の適応ブレーキ力分配の達成、車輪ユニットが故障した場合の個々のブレーキ力の補正、ブレーキ希望における通信装置 $K_3$ を介しての機関制御への係合の達成、およびブレーキ装置の確実性に対して重大なエラーの場合における機関制御への係合等の既知の原理を使用して行われる。それに追加して、処理ユニット22はさらに、個々の車輪のガイド値 $F_{11}$ ないし $F_{41}$ を計算するために制御値 $F_{11}$ 、 $F_{21}$ 、 $F_{31}$ および $F_{41}$ の測定実際値を供給する。さらに、モニタ機能を支援するための走行動特性基準値の決定が車輪ユニットの範囲内で行われてもよい。詳細は車輪ユニットの機能において説明する。

【0034】図3に示すように、処理ユニット22は2つのマイクロコンピュータ装置 $R_{V1}$ および $R_{V2}$ により冗長に構成され、2つのマイクロコンピュータ装置 $R_{V1}$ および $R_{V2}$ は、内部通信チャネル $C_1$ を介して計算データを交換する。処理ユニット22は、両方の通信装置 $K_1$ および $K_2$ を介して、車輪ユニット12ないし18から個々の車輪の回転速度 $n_1$ ないし $n_4$ 、締付力ないしブレーキ・トルクの実際値 $F_{11}$ ないし $F_{41}$ を受け取り、また

ペダル・ユニット10から、前車軸車輪の締付力ないしブレーキ・トルクに対するガイド値 $F_v$ 、ないし後車軸車輪の締付力ないしブレーキ・トルクに対するガイド値 $F_{II}$ を受け取る。

【0035】ペダル・ユニット10内のコンピュータ・チャネルが故障した場合、接続された通信装置を介するデータ伝送は遮断される。処理ユニット22は、このエラー状況においてペダル・ユニット10の他のコンピュータチャネルから受け取られた個々の車輪のガイド値 $F_v$ および $F_{II}$ 、ならびにリセット動作のためのメッセージ $r_1$ ないし $r_4$ を接続された車輪ユニット12ないし18に伝送する。さらにこのエラーの場合、車輪ユニットの診断メッセージ $d_1$ ないし $d_4$ をペダル・ユニット10の機能可能なコンピュータ・チャネルに伝送することができる。たとえば、ここでペダル・ユニット10内のマイクロコンピュータ $P_2$ が故障したと仮定する。このエラーの場合、メッセージをペダル・ユニット10から通信装置 $K_1$ および処理ユニット22を介して車輪モジュール12aないし18aに伝送することができる。車輪モジュール12aないし18aからの診断メッセージは逆の経路をとる。FDR（走行動特性制御）機能のために必要な個々の車輪のガイド値を計算するために、さらに処理ユニット22においてそのために必要な値（かじ取り角、横方向加速度および回転速度）が測定される。

【0036】上記の計算は、両方のコンピュータ装置 $R_{V1}$ および $R_{V2}$ 内で独立に行われ、かつ相互に比較される。結果が一致しない場合、処理ユニット22が遮断され、かつエラーメッセージ $d_v$ が通信装置を介して伝送される。

【0037】車輪ユニット12ないし18において、個々の車輪の締付力ないしブレーキ・トルクの制御が行われる。このために、通信装置 $K_1$ および $K_2$ はガイド値を提供する。

【0038】車輪ユニットには異なる電気エネルギー源からエネルギーが供給され、すなわち車輪ユニット12および14にはエネルギー源 $E_1$ から、車輪ユニット16および18にはエネルギー源 $E_2$ から供給される。さらに、車輪ユニットとその他の装置ユニット（モジュール）との結合は異なる通信装置を介して行われる。車輪ユニット12および14は、通信装置 $K_1$ を介して、車輪ユニット16および18は、通信装置 $K_2$ を介して通信する。

【0039】以下に図4により車輪ユニット12を説明する。その他の車輪ユニットはそれに対応して構成されている。車輪ユニット12は、車輪の締付力ないしブレーキ・トルクを制御し、車輪ユニット18のアクチュエータ18bが故障した場合にリセット動作を導くように働く。車輪ユニット12は、その他の装置構成要素と通信装置 $K_1$ を介して通信する。この通信装置を介して車輪ユニットは次の変数すなわち $F_{11}$ 、 $F_v$ および $r_1$ を受



け取る。

【0040】 $F_1$ : 車輪の締付力またはブレーキ・トルクを制御するための個々の車輪のガイド値。この値は、ABS（アンチロック制御）、ASR（駆動滑り制御）またはFDR（走行動特性制御）の係合時点において、処理ユニット22により形成される。このガイド値は、他の実施態様においてはさらに、処理ユニットによりとくに次の課題a)、b)およびc)のために計算されてもよい。

【0041】a) 車両の全てのブレーキ・ライニングの均等摩耗を達成するという課題、

b) 車両の全ブレーキトルク希望をその時点の車軸荷重分配の関数として前車軸および後車軸の車輪に適応分配させるという課題、

c) 改善された走行動特性を達成するために、測定かじ取り角の関数として1つの車軸のカーブ内側車輪とカーブ外側車輪との間の適応ブレーキ力分配を達成するという課題、

$F_v$ : 前車軸車輪の締付力ないしブレーキ・トルクに

$a_{R2}, a_{R3}, a_{R4}$ : 他の車輪の減速度

$a_{v,ref}$ : 前車軸車輪の減速度差に対する基準値

$s_{R2}, s_{R3}, s_{R4}$ : 他の車輪の滑り

$\Delta s_{v,ref}$ : 前車軸車輪間の滑り差に対する基準値

$v_F$ : 車両速度の評価値

車輪ユニットの出力値として接続装置モジュールに次の信号が通信装置K1を介して供給される。

$n_1$ : 関連車輪の形成回転速度信号

$d_1$ : 車輪ユニットの周期的エラー信号メッセージ

$F_{1i}$ : 制御量の測定実際値

他の車輪ユニット内の機能モニタリングのために変更態様においてはさらに次の値が車輪ユニット12から必要とされる。

【0046】

$a_{R1}$ : 関連車輪の減速度

$s_{R1}$ : 関連車輪の滑り

これらの信号は、通信装置K1を介して他の装置モジュールに供給される。

【0047】車輪ユニット12は次の要素a) - h)を含む。

a) 関連の周辺構成グループ、メモリ構成グループおよびウオッチドッグ構成グループを備えたマイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$

b) モニタ要素 $R_{1B}$

c) 回転運動をディスク・ブレーキまたはドラム・ブレーキのブレーキ・ライニングの移動運動に変換するための、必要な伝動段を含む電動機 $M_{1H}$

d) 電流が流れていない状態においてはばね要素により閉じられ、かつこの状態において軸をその時点の角度位置に保持するように働く、トルク経路内で電動機とブレーキ・ライニングとの間に存在する軸と係合する電磁操

対する前車軸代替ガイド値。（後車軸に関連の車輪ユニットに対しては同様に代替ガイド値 $F_H$ が使用される。）ガイド値 $F_v$ は、ドライバの常用ブレーキ希望および駐車ブレーキ希望から形成され、かつ前車軸の両方の車輪ユニットならびに処理ユニットに供給される。個々の車軸のガイド値は、処理ユニット内で、または処理ユニットが故障した場合でも偏差のある個々の車輪のガイド値が形成されないかぎり車輪ユニットの範囲内で、締付力ないしブレーキ・トルクの制御に使用される。

【0042】 $r_1$ : 車輪ユニット内で変更処理の実行を導くための制御メッセージ。このメッセージは、ペダル・ユニットまたは処理ユニットにより、接続装置モジュールの発生エラー信号メッセージから形成される。

【0043】通信装置を介して発生した信号は、マイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ のメモリ・セル $S_i$ 内に冗長に記憶される。車輪ユニットの機能モニタリングのために、変更態様においてはさらに通信系統 $K_1$ を介して発生する以下の信号が処理されてもよい。

【0044】

【0045】

作式リリース装置 $K_{u1}$  このリリース装置の設計は、制御される各締付力を確実にブレーキディスクに加えることが可能なように行われなければならない。

【0048】e) 電磁操作式リリース装置の形式で、または電動機として形成されたりセット・モジュール $M_{1R}$  このモジュールにはエネルギー源 $E_2$ からエネルギーが供給され、かつこのモジュールは車輪ユニット18により操作される。

【0049】f) 電動機 $M_{1H}$ の操作のためのパワー・エレクトロニクス $LE_{1H}$

g) 電磁操作式リリース装置 $K_{u1}$ の操作のためのパワー・エレクトロニクス $LE_{1K}$

h) 車輪ユニット18内に組み込まれているリセット・モジュール $M_{2R}$ の操作のためのパワー・エレクトロニクス $LE_{2R}$

要素c)、d)およびe)は以下において車輪ユニット12のアクチュエータ12bと呼ばれる。

【0050】マイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ に、関連の車輪から発生する以下の入力信号、すなわち車輪回転速度 $n_1$ 、車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクに対する実際値 $F_{1i}$ 、締付ストロークないし伝動段または電動

機の回転角  $s_{111}$ 、および場合によりアクチュエータのモータ電流  $i_{111}$ が、周辺入力構成グループを介して供給され、かつメモリ・セル  $S_{11}$ 内に冗長に記憶される。

【0051】マイクロコンピュータ  $R_{1A}$ 内で、まず通信

$$x_{d1}(t) = F_{1F}(t) - F_{1i}(t) \quad (1)$$

により形成される。次に、設定すべき制限値  $\varepsilon$  および

$$|x_{d1}(t)| \leq \varepsilon$$

$$|dx_{d1}(t)/dt| \leq \mu$$

により比較を行うことができる。条件(2)および

(3)が満たされている場合、アクチュエータにおいていかなる調節も行われぬ。これらの条件が満たされていない場合、デジタル制御アルゴリズムにより最後に出力された(たとえば比例/微分制御装置または比例/積分/微分積分装置の)設定値を考慮して、車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの操作のために必要なその時点の設定値が計算される。この設定値は、PWM(パルス幅変調)信号  $u_{111}$ の形でパワー・エレクトロニクス  $L_{E_{11}}$ に出力される。さらに電磁操作式リリース装置  $K_{u1}$ が、制御信号  $f_1$ およびパワー・エレクトロニクス  $L_{E_{1K}}$ により操作され、これにより変更された車輪締付力を形成するためのモータの回転運動がはじめて可能となる。締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの操作の間に条件(2)および(3)が満たされた場合、電磁操作式リリース装置  $K_{u1}$ の操作が終了され、それに続いて電動機  $M_{111}$ は、電流が流れない状態に切り換えられる。マイクロコンピュータ装置  $R_{1A}$ のエラー機能に基づく車輪締付力の意図しない変化を回避するために、開始信号  $g_{111}$ およびモニタ要素  $R_{1B}$ からの開始信号  $e_{111}$ がパワー・エレクトロニクス  $L_{E_{1K}}$ の操作部分に発生した場合にはじめて、電動機の操作が電流  $i_{111}$ により可能となる( $L_{E_{11}}$ 内の&(AND)結合参照)。

【0052】リリース装置により保持される車輪締付力の意図しない低下もまた回避可能にするために、開始信号  $g_{111}$ およびモニタ要素  $R_{1B}$ からの開始信号  $e_{111}$ が形成されたときにはじめて、リリース装置  $K_{u1}$ の操作が電流  $i_{1K}$ により可能となる( $L_{E_{1K}}$ 内の&(AND)結合参照)。電磁操作式リリース装置を制御過程内に組み込むことにより、ドライバのほぼ定常なブレーキ希望の場合、必要な締付力はまず電動機を介して形成され、続いて電気エネルギーを消費することなく電磁操作式リリース装置内のばね力のみにより締付力を保持することができる。したがって、乗用車の駐車ブレーキの操作において必要な締付力を、簡単な方法で形成し、かつエネルギーの消費なく保持することができる。車輪ブレーキを解放するためには、まずリリース装置が操作信号  $f_1$ により開かれ、次に電動機  $M_{111}$ が負の電圧により操作される。この解放がアクチュエータ内のエラー、たとえばアクチュエータ内の伝動段の固着により阻止された場合、このエラーは、測定締付力ないし車輪ブレーキ・トルクで一義的に検出することができる。これは、たとえば操

チャネルを介して周期的に受け取られた値  $F_{1i}$ ないし  $F_{1v}$ からガイド値  $F_{1F}$ が選択される。その時点に測定された車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクに対する実際値  $F_{1i}$ から、制御偏差  $x_{d1}$ が次式

$$(1)$$

$\mu$ 、時間間隔  $T_\varepsilon$  および  $T_\mu$  を用いて、

$$\text{ただし } 0 < t < T_\varepsilon \quad (2)$$

$$\text{ただし } 0 < t < T_\mu \quad (3)$$

作および車輪回転速度、場合により回転角の比較により行われる。たとえば操作したにもかかわらず電動機の回転角変化が検出されずおよび/または操作しない場合でも、関連車輪のブレーキ滑りが存在するときに固着が検出される。それに続いて、制御は遮断され、かつ通信装置を介してエラーメッセージ  $d_1$ が伝送される。このメッセージは、ペダル・ユニット10において評価され、この結果、エラー解除手段が導かれる。通信装置  $K_2$ を介して伝送されるリセット・メッセージ  $r_2$ により、図5に示す車輪ユニット18は、アクチュエータ12b内のリセット装置  $M_{1R}$ をパワー・エレクトロニクス  $L_{E_{1R}}$ および信号  $i_{1R}$ により操作するための情報を受け取る。リセット装置  $M_{1R}$ はエネルギー源  $E_2$ により操作されるので、車輪ユニット12に関連の車輪のブレーキ機能の解放は、エネルギー源  $E_1$ が故障した場合においても行うことができる。

【0053】車輪ユニット12において、同様に誤ってブレーキ作動された車輪ユニット18に関連の車輪の解放のための情報を含むリセット・メッセージ  $r_1$ に対して応答が行われる。このメッセージ・タイプは信号  $u_{2R}$ を出力させ、この信号  $u_{2R}$ によりパワー・エレクトロニクス  $L_{E_{2R}}$ が作動される。しかしながら、アクチュエータ18b内のリセット装置  $M_{2R}$ を操作するための制御信号  $i_{2R}$ は、開始信号  $g_{2R}$ および  $e_{2R}$ が形成された場合にはじめて作動される( $L_{E_{2R}}$ 内の&(AND)結合参照)。

【0054】車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの測定実際値の正確性は、解析の冗長性により確保することができる。本発明によるこの冗長性の形成においては、1つまたは複数の次の手段を実行することができる。

【0055】車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの実際値を基準値  $F_{r_0}$ と比較する手段。  $F_{r_0}$ の決定のために、まず位置測定値ないし回転角測定値  $s_{111}$ のブレーキ開始時点からの変化が測定され、それに続いて、設計上与えられる機能により力ないしトルクの物理量に変換される。この機能は、アクチュエータの力経路内に配置された構成要素のすべての弾性を考慮する。車輪ブレーキ・トルクの制御の場合、さらにこの機能にブレーキ・ディスクの温度の関数としての摩擦モデル(たとえばディスクの加熱および冷却のモデル化)が組み込まれる。

【0056】車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの

実際値を基準値 $F_{r,b}$ と比較する手段。 $F_{r,b}$ の決定のために、定常ブレーキ過程の間に電動機 $M_{ij}$ の電流が測定され、それに続いて、予め決定された機能により力ないしトルクの物理量に変換される。この機能は、まず電動機および伝動装置の設計データを、場合により温度モデルおよび摩擦モデルを利用して考慮する。さらにその時点の有効入力電圧ならびに定常作動点に到達する前の回転方向が考慮される。車輪ブレーキ・トルクの制御の場

$$a_{R1}(Tx) = C_1 [n(Tx) - n(Tx - Ta)] \quad (4)$$

により行われる。ここで、 $Ta$ は各車輪ユニットにおいて回転速度測定が行われる周期的走査時点であり、 $C_1$ は車輪形状および走査時点により決定される定数である。

$$\Delta a_v(Tx) = a_{R1}(Tx) - a_{R2}(Tx) \quad (5)$$

このために必要な値 $a_{R2}(Tx)$ は、車輪ユニット18から通信装置 $K_1$ を介して供給される。締付力制御ないしブレーキ・トルク制御が正しく機能している場合、減

$$|\Delta a_v(Tx) - \Delta a_{v,ref}(Tx)| < \varepsilon a \quad (6)$$

ここで $\Delta a_{v,ref}$ は前車軸車輪の減速度差に対する基準値である。 $\varepsilon a$ はパラメータとしてのエラー制限値を示す。基準値 $\Delta a_{v,ref}$ は、処理ユニットにおいて周期的に測定される走行特性測定値、すなわちかじ取り角 $\delta_L$ 、横方向加速度 $a_y$ およびヨー角速度 $\Psi'$ を使用して数学モデルにより、かつ車両速度 $v_F$ に対する評価値を考慮して計算される。条件(6)が満たされない場合、このことからいずれかの車輪の締付力センサないしブレーキ・トルク・センサにおけるエラーを推定することができる。エラー検出のために1つの車軸の両方の車輪を使用することにより、両方の車輪に作用する外乱値の影響が排除される。この方法においては、制御アルゴリズムおよび設定値出力の機能性ならびに前車軸の両方の車輪

$$s_{R1}(Tx) = 1 - C_2 n_1(Tx) / v_F(Tx) \quad (7)$$

により計算される。定数 $C_2$ は車輪形状により決定される。車輪ユニット18から通信装置を介して供給される

$$\Delta s_v(Tx) = s_{R1}(Tx) - s_{R2}(Tx) \quad (8)$$

により計算される。締付力制御ないしブレーキ・トルク制御の機能が正しい場合、滑り差 $\Delta s_v(Tx)$ に対して

$$|\Delta s_v(Tx) - \Delta s_{v,ref}(Tx)| < \varepsilon s \quad (9)$$

が成立しなければならない。ここで、 $\Delta s_{v,ref}$ は、前車軸車輪の滑り差に対する基準値である。 $\varepsilon s$ はパラメータとしてのエラー制限値を示す。基準値 $\Delta s_{v,ref}$ は、処理ユニットにおいて周期的に測定される測定値、すなわちかじ取り角 $\delta_L$ 、横方向加速度 $a_y$ および

$$\Delta s_{v,ref}(Tx) = f_1 \{ \delta_L, a_y, \Psi', F_{j1}, F_{j2}, F_{j3}, F_{j4} \} \quad (10)$$

他の実施態様においては、改善基準値 $\Delta s_{v,ref}$ を、車輪荷重 $F_{N1}$ 、 $F_{N2}$ 、 $F_{N3}$ および $F_{N4}$ に対する測定値ないし評価値を使用して決定することができる。このために、拡張動特性モデルにより処理ユニット内で $\Delta s_{v,ref}$ が形成される。これにより、車輪荷重移動により与えられる影響が計算において考慮される。条件(9)

合、さらにこの機能に温度の関数としてのブレーキ・ディスクの摩擦モデルを組み込んでもよい。

【0057】他の方法は、部分ブレーキ範囲における車輪の減速度の比較観察に基づいている。個々の車輪ユニットにおける減速度の計算は、時点 $Tx$ における処理ユニットのメッセージによりスタートされる。車輪ユニット12に関連の車輪の減速度の計算は次式

【0058】前車軸車輪の減速度 $a_{R1}(Tx)$ および $a_{R2}(Tx)$ から前車軸車輪の減速度差 $\Delta a_v(Tx)$ が形成される。

速度差 $\Delta a_v(Tx)$ に対して次式が成立しなければならない。

【0059】

の回転速度のエラーのない測定が、他のモニタ方法により確保されることから出発している。検出されたエラーが車輪ユニット12または車輪ユニット18のいずれであるかの特定は、後車軸の両方の車輪減速度値 $a_{R3}(Tx)$ および $a_{R4}(Tx)$ により(たとえば個々の値を後車輪の対応値と比較することにより)行われる。

【0060】他の方法は、部分ブレーキ範囲における個々の車輪の滑り値の比較観察に基づいている。個々の車輪ユニットにおける滑りの観察は、時点 $Tx$ における処理ユニットのメッセージによりスタートされる。車輪ユニット12内で関連車輪の滑りが車輪回転速度 $n_1$ および車両速度 $v_F$ の評価値を用いて次式

車輪滑り $s_{R2}(Tx)$ により、前車軸車輪の滑り差 $\Delta s_v$ は次式

次式

ヨー角速度 $\Psi'$ を使用して走行特性の数学モデルにより、ならびに個々の車輪の締付力ないし車輪ブレーキ・トルクに対するガイド値を考慮して計算される。

【0061】

が満たされない場合、このことからいずれかの車輪の締付力センサないしブレーキ・トルク・センサにおけるエラーを推定することができる。この場合、制御機能の機能性ならびに前車軸の両方の車輪の回転速度のエラーのない測定が、他のモニタ方法により確保されることから出発している。検出されたエラーが車輪ユニット1また

は車輪ユニット2のいずれであるかの特定は、後車軸車輪に対する両方の滑り値 $s_{R3}$  (Tx) および $s_{R4}$  (Tx) を利用することにより (たとえば個々の値を1つの後車輪の対応値と比較することにより) 行われる。

【0062】車輪モジュールのモニタ方法は、4つの論理レベル $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、および2つのハードウェア・レベルにより構成されている。ハードウェア・レベルにおいてはマイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ およびモニタ要素 $R_{1B}$ が作用する。

【0063】モニタ要素 $R_{1B}$ は、マイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ と内部バス系統を介して通信する。モニタ要素 $R_{1B}$ は、このマイクロコンピュータ装置の計算能力のモニタリングおよびコンピュータ内のプログラム実行のモニタリングを行う。マイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ とモニタ要素 $R_{1B}$ との間のデータ通信の選択されたタイプにより、これらの構成要素の相互モニタリングが可能となる。このために、論理レベルに次の課題が割り当てられている。

【0064】レベル1はマイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ 内に形成されている。レベル1は、次の課題、すなわち電動機 $M_{11}$ の操作のための制御機能の計算、電磁操作式リリース装置 $K_{11}$ の操作、リセット・モジュール $M_{2R}$ の操作、車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの測定実際値 $F_{11}$ の正確性を図示の解析の冗長性により検査するための計算を行う。

【0065】レベル2は同様にマイクロコンピュータ $R_{1A}$ 内に含まれている。このレベルは、レベル1内のアルゴリズムとは異なるアルゴリズムによりレベル1内で行われる計算の正確性の検査を行う。計算の実行のためにさらにメモリ・セル $S_{11}$ 内に冗長に記憶されている入力データが使用され、これにより誤った記憶内容によるエラーが検出される。制御機能の検査は制御装置の並列に配置された数学モデルにより行われ、この数学モデルは、冗長に記憶されている代替ガイド $F_{11}$ ないし $F_{12}$ に対するデータ、および車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの実際値 $F_{11}$ を用いて計算される。モデル出力値とレベル1内で実行された計算との間に著しい偏差がある場合、エラー状態が検出される。さらに、レベル2においてもまた制御過程の機能が正しいか否かが検査される。このために、外乱値を使用して設定値と制御量 $F_{11}$ との間の動的関係を示す制御過程の数学モデルが使用される。このモデルにレベル1の制御アルゴリズムにおいて計算された設定値が供給される。モデル出力値と車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの測定実際値 $F_{11}$ との間に著しい偏差がある場合、エラー状態が検出される。電磁操作式リセット装置に対する操作信号 $f_{11}$ ないしリセット・モジュールに対する操作信号 $u_{2R}$ は、同様にレベル2において正確性に関して検査され、かつ場合によりエラー状態が検出される。使用されるモデルは物理的關係から導かれる。

【0066】レベル1ならびにレベル2においてエラーが検出された場合、関連の開始信号 $g_{11}$ ないし $g_{2R}$ がリセットされ、かつエラー・メッセージ $d_{11}$ が通信装置 $K_1$ を介して出力される。

【0067】レベル3はマイクロコンピュータ $R_{1A}$ 内に形成されている。コンピュータ・エラーまたはプログラム・エラーの場合に車輪ユニットの確実な機能を保証するために、エラーの場合に、レベル1および2のプログラムが正常に実行するかまたは正常でない実行が確実に検出されなければならない。図示の変更態様において、レベル3および4の問い合わせ・回答通信によりチェックが行われる。マイクロコンピュータ装置 $R_{1A}$ は、モニタ・コンピュータから問い合わせを受け取り、かつそれぞれ所定の時間間隔内で確実性に関するすべてのプログラム部分を考慮して、問い合わせに回答する。問い合わせは、コンピュータ機能テストおよび命令テストに対するプログラムのエラーのない実行が与えられたときにのみ正しく回答される。部分プログラムから形成された部分回答は、全体回答にまとめられ、かつモニタ要素内のレベル4に供給される。

【0068】このレベルはモニタ要素内に形成されている。ここでは、マイクロコンピュータ $R_{1A}$ により形成された全体回答が、発生の間隔に関して、問い合わせに適合する正しい回答とビット単位の精度で一致するか否かについて検査される。レベル3との問い合わせ・回答通信の実行が正常でない場合、モニタ要素 $R_{1B}$ において開始信号 $e_{11}$ ないし $e_{2R}$ が遮断される。

【0069】他の変更態様 (変更態様2) においては、対角配置ないし車軸配置の2つの車輪ユニットの機能が、前記の実施態様と同様に、車輪対ユニット内に組み込まれている。電気機械式ブレーキ装置のこの変更態様の構成が図6に示されている。

【0070】電気機械式ブレーキ装置の変更態様1および2においては、エネルギー源または通信装置 $K_1$ ないし $K_2$ が故障した場合、常に2つの車輪がブレーキ作動されることはない。この欠点は変更態様3においては回避される。この変更態様の構成が図7に示され、かつその車輪ユニットが図8に示されている。この変更態様はとくに、前車輪の車輪モジュールがそれぞれ冗長な通信装置 $K_1$ および $K_2$ により他の装置モジュールと結合されていること、および前車輪の車輪モジュールに両方のエネルギー源からエネルギーが供給されること、において前記の変更態様1と異なっている。

【0071】記載の機能は、対応するコンピュータ内で実行される対応のプログラムにより形成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電気機械式ブレーキ装置の第1の実施態様の構成図である。

【図2】図1に示されたペダル・ユニットの構成図である。

【図 3】図 1 に示された処理ユニットの構成図である。

【図 4】図 1 に示された車輪ユニットの構成図である。

【図 5】図 1 に示された別の車輪ユニットの構成図である。

【図 6】本発明の電気機械式ブレーキ装置の第 2 の実施態様の構成図である。

【図 7】本発明の電気機械式ブレーキ装置の第 3 の実施態様の構成図である。

【図 8】図 7 に示された、電気機械式ブレーキ装置の第 3 の実施態様の車輪ユニットの構成図である。

【符号の説明】

10 ペダル・ユニット  
 12, 14, 16, 18 車輪ユニット  
 12a, 14a, 16a, 18a 車輪モジュール  
 12b, 14b, 16b, 18b 車輪ブレーキ (アクチュエータ)  
 20 エネルギー診断ユニット  
 22 処理ユニット  
 $a_{R1}, a_{R2}, a_{R3}, a_{R4}$  車輪の減速度  
 $a_{V, ref}, a_{H, ref}$  前車軸車輪ないし後車軸車輪の減速度差に対する基準値  
 $a_y$  横方向加速度  
 $b_1, b_2, b_3$  ドライバの希望の測定信号 (たとえばブレーキペダルの角度)  
 $b_4, b_5$  駐車ブレーキ希望の測定信号  
 $b_{B, rep, 1}, b_{B, rep, 2}$  常用ブレーキ希望に対する基準値  
 $b_{F, rep, 1}, b_{F, rep, 2}$  駐車ブレーキ希望に対する基準値  
 $C, C_1$  内部通信装置  
 $c_1, c_2$  エネルギー源の充電状態の診断信号  
 $d$  診断ユニットの操作信号  
 $d_{P1}, d_{P2}$  電気機械式ブレーキ装置の状態に関する状態メッセージ  
 $d_s$  ペダル・ユニットのサービス・インタフェース  
 $d_v$  処理ユニットのエラー信号  
 $d_1, d_2, d_3, d_4$  車輪ユニットのエラー・メッセージ  
 $E_1, E_2$  エネルギー源  
 $e_{1H}, e_{2H}, e_{3H}, e_{4H}$  車輪ユニットのパワー・エレクトロニクスに対する論理操作信号  
 $e_{1R}, e_{2R}, e_{3R}, e_{4R}$  車輪ユニットのリセット装置のパワー・エレクトロニクスに対する論理操作信号  
 $F_B$  常用ブレーキ力に対するガイド値  
 $F_{B, res}$  常用ブレーキ希望の検出値  
 $F_{B, res, 1}, F_{B, res, 2}$  常用ブレーキの全体力に対するガイド値  
 $F_F$  駐車ブレーキ力に対するガイド値  
 $F_{F, res}$  駐車ブレーキ希望の検出値  
 $F_{F, res, 1}, F_{F, res, 2}$  駐車ブレーキの全体力に対する

ガイド値

$F_{H}$  後車軸の車輪締付力 (ないし車輪ブレーキ・トルク) に対するガイド値

$F_{N1}, F_{N2}, F_{N3}, F_{N4}$  車輪荷重

$F_{r, a}, F_{r, b}$  車輪締付力ないし車輪ブレーキ・トルクの基準値

$F_{res}$  ブレーキ力希望に対するガイド値

$F_V$  前車軸の車輪締付力 (ないし車輪ブレーキ・トルク) に対するガイド値

$F_1, F_2, F_3, F_4$  車輪ブレーキ力または車輪ブレーキ・トルクに対する個々の車輪のガイド値

$F_{1F}, F_{2F}, F_{3F}, F_{4F}$  車輪締付力または車輪ブレーキ・トルクのための選択された個々の車輪のガイド値

$F_{1i}, F_{2i}, F_{3i}, F_{4i}$  車輪ブレーキ力ないしブレーキ・トルクの実値

$f_1, f_2, f_3, f_4$  車輪ユニット内の電磁クラッチの操作信号

$g_{1H}, g_{2H}, g_{3H}, g_{4H}$  車輪ユニット内のパワー・エレクトロニクスに対する論理操作信号

$g_{1R}, g_{2R}, g_{3R}, g_{4R}$  車輪ユニット内のリセット装置のパワー・エレクトロニクスに対する論理操作信号

$i_{1K}, i_{2K}, i_{3K}, i_{4K}$  車輪ユニット内の電磁式リリース装置に対する操作電流

$i_{1H}, i_{2H}, i_{3H}, i_{4H}$  車輪ユニット内の電動機に対する操作電流

$i_{1R}, i_{2R}, i_{3R}, i_{4R}$  車輪ユニット内のリセット装置に対する操作電流

$K_{u1}, K_{u2}$  リリース装置 (ロック装置)

$K_1, K_2, K_3$  通信装置

$LE_{1H}, LE_{2H}, LE_{3H}, LE_{4H}$  電動機の操作のためのパワー・エレクトロニクス

$LE_{1K}, LE_{2K}, LE_{3K}, LE_{4K}$  電磁操作式リリース装置の操作のためのパワー・エレクトロニクス

$LE_{1R}, LE_{2R}, LE_{3R}, LE_{4R}$  リセット装置の操作のためのパワー・エレクトロニクス

$L_1, L_2$  エネルギー源の充電状態の決定センサ装置

$M_{1H}, M_{2H}$  電動機

$M_{1R}, M_{2R}$  リセット装置 (リセット・モジュール)

$n_1, n_2, n_3, n_4$  車輪回転速度の測定値

$P_1, P_2$  ペダル・ユニット内のマイクロコンピュータ

$P_3$  ペダル・ユニット内のモニタ要素

$Pr1, Pr2$  プログラム

$r_1, r_2, r_3, r_4$  車輪ユニット内で変更処理の実行を導くための制御信号

$r_v$  処理ユニット内に変更処理の実行を導くための制御信号

$R_{V1}, R_{V2}$  処理ユニット内のマイクロコンピュータ装置

$R_{1A}$  車輪ユニット内のマイクロコンピュータ装置

$R_{1B}$  車輪ユニット内のモニタ要素

$S_{1H}, S_{2H}, S_{3H}, S_{4H}$  ブレーキ・ディスクまたはブレーキ・ドラムの締付ストロークないし電動機または伝動段の回転角

$S_{R1}, S_{R2}, S_{R3}, S_{R4}$  車輪の滑り

$S_1 \cdots S_n$  車輪モジュール内のメモリ・セル

$T_a$  周期的走査時点

$T_X$  時点

$T_E, T_H$  時間間隔

$U_1, U_2$  ペダル・ユニットの入カインタフェース  $u_{BL}$  ストップ・ランプの操作信号

$u_{1H}, u_{2H}, u_{3H}, u_{4H}$  車輪ユニット内の電動機のパワー・エレクトロニクスに対する操作信号

$u_{1R}, u_{2R}, u_{3R}, u_{4R}$  車輪ユニット内のリセット装

置のパワー・エレクトロニクスに対する操作信号

$v_F$  車両速度の評価値

$x_{d1}, x_{d2}, x_{d3}, x_{d4}$  車輪ユニット内の制御偏差

$z_1, z_2$  ブレーキ装置構成要素の初期化および遮断信号

$\delta_L$  かじ取り角

$\varepsilon, \varepsilon_a, \varepsilon_s, \mu$  制限値

$\Psi'$  ヨー角速度

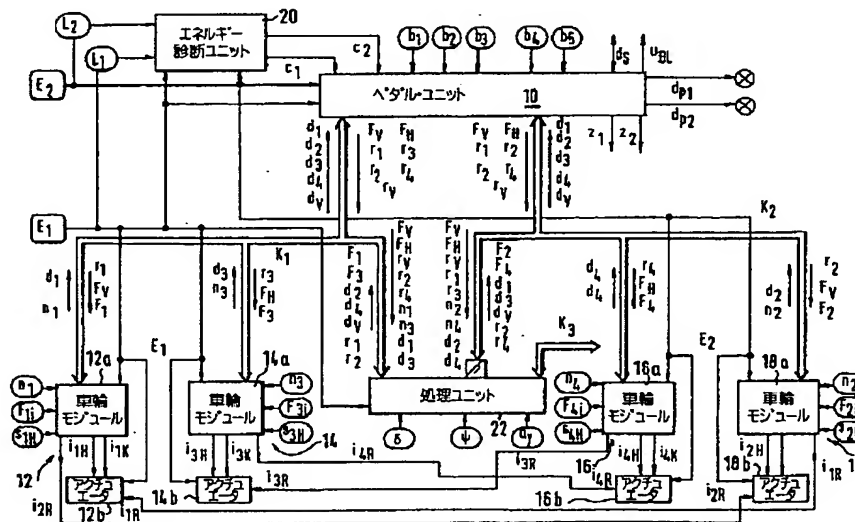
$\Delta a_{v,ref}$  前車軸車輪の減速度差に対する基準値

$\Delta a_v$  前車軸車輪の減速度差

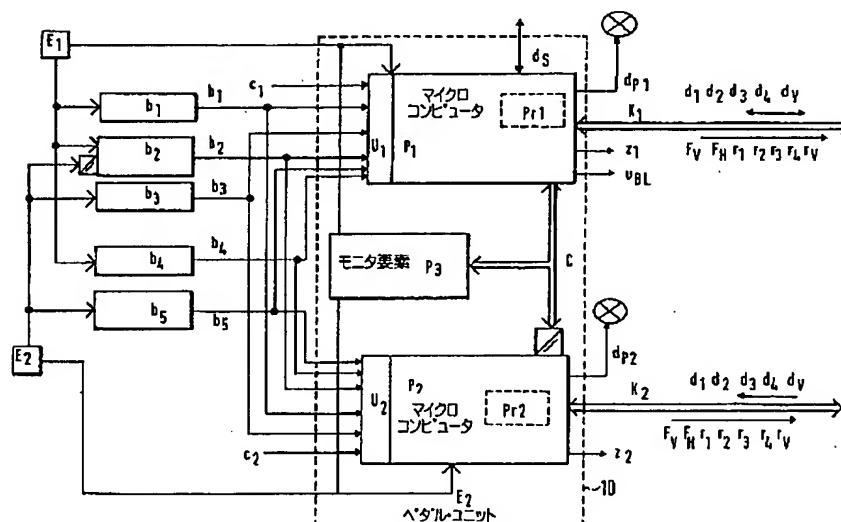
$\Delta s_v$  前車軸車輪に対する滑り差

$\Delta s_{v,ref}, \Delta s_{h,ref}$  前車軸車輪ないし後車軸車輪の滑り差に対する基準値

【図 1】

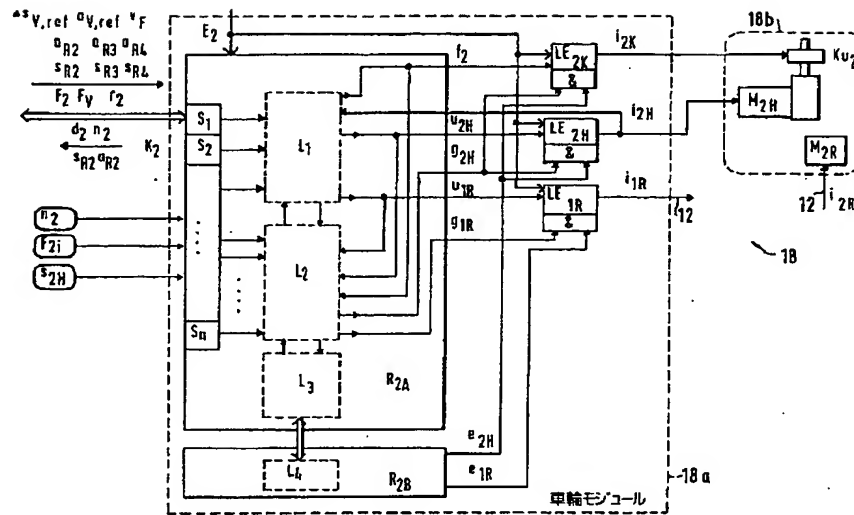


【図 2】

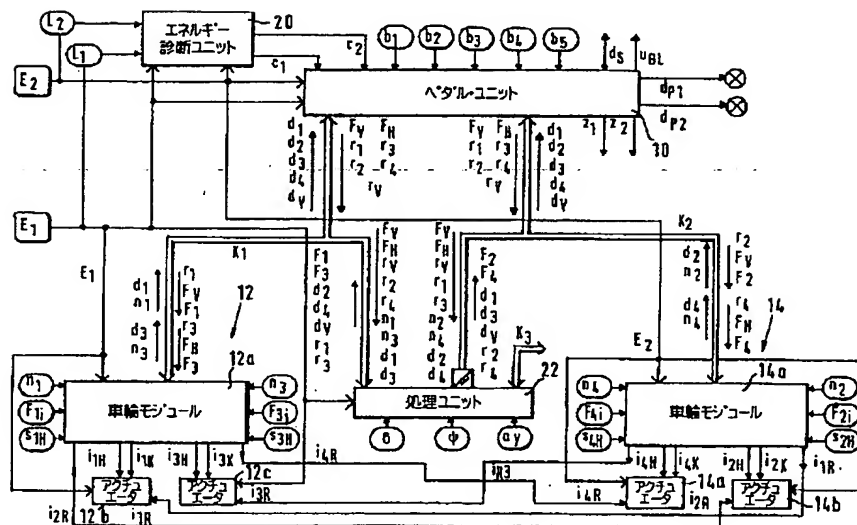


[illegible]

【図 5】

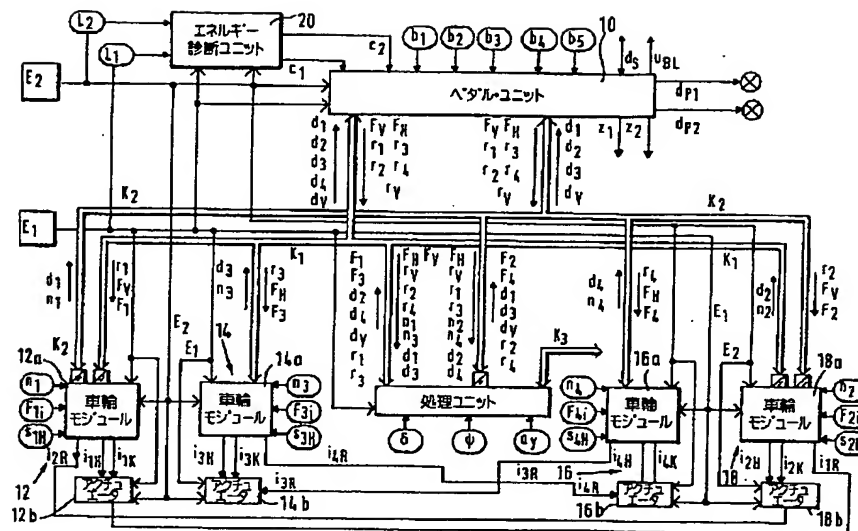


【図 6】

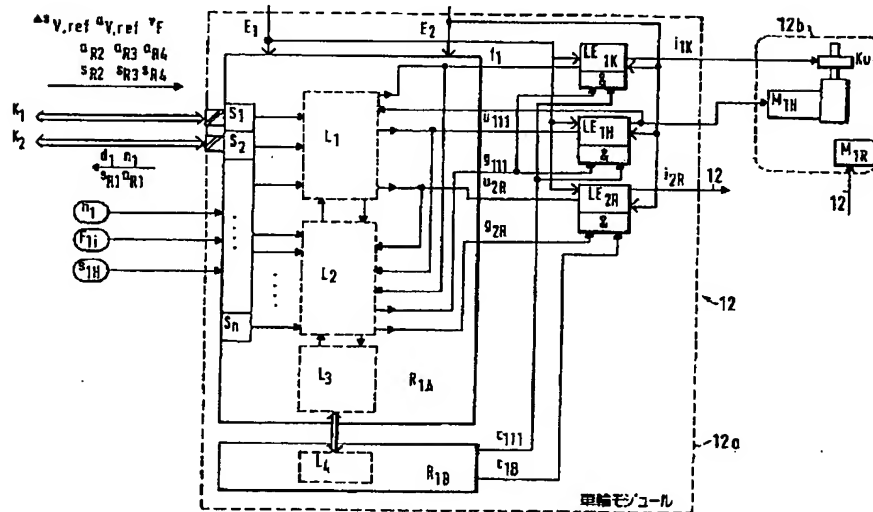




【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72) 発明者   ペーター・ブレッシング  
 ドイツ連邦共和国   74078   ハイルブロン,  
 ブルグンデンシュトラッセ   95

